Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 3, Fall 2023, p. 427-445

Evaluation of Yield, Yield Components, and Land Equivalent Ratio in Replacement Intercropping of Fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) with Mung Bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)

Mohammad Hassan Hatefi Farajian[1], Alireza Koocheki[2*] and Mehdi Nassiri Mahallati[2]

Received: 02-03-2016
Revised: 08-09-2016
Accepted: 15-09-2016
Available Online: 15-09-2016

How to cite this article:
Hatefi Farajian, M. H., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2023). Evaluation of yield, yield components, and land equivalent ratio in replacement intercropping of fennel with mung bean. *Journal of Agroecology*, *15*(3), 427-445.
DOI: 10.22067/jag.v1i1.54301

Introduction

Intercropping as an approach for the development of sustainable agriculture systems pursues purposes such as creating ecological balance, further exploitation of resources, increasing the quantity and quality of yield reducing losses due to pests, diseases, and weeds, and reduceing the dependence of farmers to pesticides, to maintain product quality and marketability. Jahani et al. (2007) reported that intercropping of lentils and cumin has significantly increased the dry weight of vegetative organs, biological yield, 1000-seed weight, and number of seeds per cumin umbrella and seed yield. The legume/non-legume intercropping system produces more yields due to the beneficial use of resources. In a review of the fennel and fenugreek intercropping, intercropping of the two plants significantly increased the fennel seed yield compared with monoculture.

Materials and Methods

The experiment was conducted in the 2014-2015 growing season based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental treatments were 25% mung bean + 75% fennel, 50% mung bean + 50% fennel, 75% mung bean + 25% fennel, monoculture of mung bean, and monoculture of fennel. Species were sown at the same time on 12/06/2015 in rows with a distance of 50 cm. At harvesting time, dry matter, seed yield and yield components of these crops were measured. Land equivalent ratios compared yield advantages of intercrops over monocultures. Seeds of fennel were analyzed for essential oil content.

Results and Discussion

The highest seed yield, biomass and essential oil of fennel for monoculture with 1460.4, 12286.4 and 50.4 kg per hectare respectively and the lowest values for 25% fennel + 75% mung bean treatment with 263.2, 5843.3 and 8.1 kg per hectare respectively were observed. Also, the highest seed yield and biomass of mung bean for monoculture with 2167.1 and 8900.5 kg per hectare, respectively and the lowest values for 25% fennel + 75% mung bean treatment with 740.5 and 2540.5 kg per hectare, respectively were observed. The highest essential oil contents of fennel, with 3.56%, was observed in a ratio of 50% fennel + 50% mung bean, and the lowest value was observed in 25% fennel + 75% mung bean, with 3.1%. It seems that interspecific competition between

1-Ph.D. Student of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(*- Corresponding author's Email: akooch@um.ac.ir)

fennel and mung bean due to the abiotic stresses (competition) led to increasing essential oil percent in intercrops. The highest essential oil yield of fennel was observed in monoculture, with 50.4 kg/ha, and the lowest value was observed in 25% fennel + 75% mung bean with 8.1 kg/ha. The highest mung bean harvest index was 28% in 25% mung bean + 75% fennel, and the lowest was observed in 50% mung bean + 50% fennel with 23.5%. Also, the highest fennel harvest index was observed with 12% in monoculture and the lowest in 25% fennel + 75% mung bean with 4.5%. The highest value of the total land equivalent ratio (1.07) was obtained in the ratio of 50% mung bean + 50% fennel, indicating 7 percent yield advantage of intercropping compared to pure stands of species of these two products compared to each other that represents of showing the more efficient use of land. The lowest value by intercrops of land equivalent ratio was observed in the ratio of 25% mung bean + 75% fennel, which was 9% lower than the monoculture.

Conclusion

In general, intercropping of fennel with mung bean had a positive effect on the biological and seed yield of the two species and the the percent and yield of fennel essential oil. So, in order to reduce the consumption of chemical fertilizers in sustainable agriculture and as for the nitrogen biological fixation ability of mung bean, intercropping this plant with fennel can increase resource efficiency and improve the quality and quantity yield of fennel.

Keywords: Biological nitrogen fixation, Essential oil yield, Medicinal plant, Seed yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http:// https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ۳، پاییز۱۴۰۲، ص ٤٤٥-٤٢٧

بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جایگزینی رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill.) و ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek)

محمدحسن هاتفی فرجیان[۱]، علیرضا کوچکی[۲*] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۰۶/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill.) بـا مـاش (*Vigna radiata* L. Wilczek) بر برخی خصوصیات کمّی و کیفی این دو گیاه، آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پـنج تیمـار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۲۵ درصد مـاش + ۷۵ درصـد رازیانـه، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه، ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد رازیانه و کشت خالص دو گیاه بود. نتایج نشان داد که اثر نسبت‌های کشت مخلوط رازیانه با ماش بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه، زیست‌توده و اسانس رازیانه برای کشت خالص به‌ترتیب با ۱۴۶۰/۴، ۱۲۲۸۶/۴ و ۵۰/۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر برای تیمار ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد مـاش بـه‌ترتیـب بـا ۲۶۳/۲، ۵۸۴۳/۳ و ۸/۱ کیلـوگرم در هکتـار مشاهده گردید. همچنین، بالاترین عملکرد دانه و زیست‌توده ماش برای کشت خالص به‌ترتیـب بـا ۲۱۶۷/۱ و ۸۹۰۰/۵ کیلـوگرم در هکتـار و کمتـرین مقادیر برای تیمار ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش به‌ترتیب با ۷۴۰/۵ و ۲۵۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. نتـایج نشـان داد کـه تیمارهـای کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین کل، اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین کلی (۱/۰۷) از الگوی کشـت مخلوط ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه و کمترین مقدار (۰/۹۱) از الگوی کشت مخلوط ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه به‌دسـت آمـد. بـه‌طـور کلی، افزایش درصد حضور هر دو گیاه تا ۷۵ درصد باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه شد و افزایش بیش از این میزان، به‌دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای بر سر جذب منابع محیطی کاهش این صفات را موجب گردید.

واژه‌های کلیدی: تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد اسانس، عملکرد دانه، گیاه دارویی

مقدمه

یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار بازگرداندن تنوع به اکوسیستم‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. کشت مخلوط بـه عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهـدافی نظیـر ایجـاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع، افـزایش کمّـی و کیفـی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کـاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها، به‌شرط حفظ کیفیـت محصـول و بازارپسندی آن را دنبـال مـی‌کنـد (Fernandez- Aparicio et al., 2007; Lithourgidis et al., 2007). وایلـی (Willey, 1990) کشت مخلوط را یک روش اقتصادی جهـت تولیـد بـالاتر بـا سـطوح

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشـکده کشـاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشـهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v1i1.54301

نهاده‌های خارجی کم‌تر می‌داند. این افزایش کارایی مصرف، به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پا و همچنین در مناطق برخوردار از طول فصل رشد کوتاه اهمیت بسیار دارد. تولید بیشتر در کشت مخلوط را می‌توان به سرعت رشد بیشتر (Siame et al., 1998)، کاهش علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها (Yildirim & Guvence, 2005) و استفاده مؤثرتر از منابع قابل دسترس (Willey, 1990) نسبت داد.

بقولات از جمله گیاهانی محسوب می‌شوند که به‌دلیل قدرت تثبیت نیتروژن از جایگاه ویژه‌ای در کشت مخلوط برخوردار هستند. ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) گیاهی یک‌ساله، بوته‌ای یا نیمه‌رونده و از خانواده لگوم است که در حال حاضر در قسمت‌های مختلف دنیا از جمله کشورهای حوزه مدیترانه به‌صورت مخلوط با سایر گیاهان کشت می‌شود. ماش به این دلیل منبعی سرشار از پروتئین (۱۹/۵ تا ۲۸/۵ درصد) با کیفیت بالا می‌باشد (Majnoon Hosseini & Colar, 1988)،که نقش به‌سزایی را در تغذیه مردم کم‌درآمد کشورهای در حال توسعه دارد. این گیاه در بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن (Agboola & Fayami, 1972)، در جلوگیری از فرسایش خاک به‌صورت یک گیاه پوششی، به‌عنوان یک گیاه کنترل‌کننده علف‌هرز (Majnoon Hosseini & Colar, 1988)، همچنین اغلب اوقات به‌صورت علوفه سبز، خشک و سیلو شده نیز کاربرد دارد (Abedi & Majde Nasiri, 1994). از ماش به‌طور گسترده در کشت مخلوط با سایر گیاهان استفاده شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است ماش باعث کنترل علف‌های هرز (Behera et al., 1994; Pandita et al., 2000; Roy, 1997)، افزایش نیتروژن خاک (Agboola & Fayami, 1972)، افزایش عملکرد (Dhingra et al., 1991; Mandal et al., 2000)، افزایش نسبت برابری زمین (Agboola & Fayami, 1972; Mandal et al., 2000)، افزایش سود خالص و بازده اقتصادی (Pandita et al., 2000; Roy, 1997)در کشت مخلوط شده است. جهانی و همکاران (Jahani et al, 2007) گزارش کردند که در کشت مخلوط عدس (*Lens culinaris* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیست‌توده، وزن هزاردانه و تعداد دانه در هر چتر زیره سبز و عملکرد دانه آن به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. سیستم کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم به‌علت استفاده مفید از منابع، عملکرد بیشتری را تولید می‌کند. کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) با ارزن (*Panicum miliaceum* L.) در نواحی نیمه خشک، عملکرد ارزن را ۱۳ تا ۱۵ درصد افزایش داد (Hulet & Gosseye, 2000). میرشاهی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) در بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) به این نتیجه رسیدند که شاخص برداشت و وزن خشک زنیان در کلیه تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص زنیان بیشتر بود.

افزایش جمعیت و نیاز مبرم صنایع داروسازی به گیاهان دارویی به‌عنوان مواد اولیه تولید دارو، ناتوانی در تولید مصنوعی پاره‌ای از داروهای حیاتی توسط صنایع داروسازی و همچنین اهمیت مواد مؤثر گیاهان دارویی در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی باعث شده که توجه و تحقیق پیرامون این دسته گیاهان از نقطه نظر کشت، تولید و مصرف از اهمیت خاصی برخوردار باشد (Bagheri et al., 2005). رازیانه با نام علمی (*Foeniculum vulgar* Mill.) به تیره چتریان (Apiaceae) تعلق دارد. مقدار متوسط اسانس میوه و برگ‌های آن ۱ درصد تا ۱/۵ درصد و در ریشه ۰/۶ درصد تا ۰/۷ درصد است، درحالی‌که مقدار آن تنها در میوه به دو درصد تا شش درصد می‌رسد (Omidbeigi, 2003). درصد اسانس رازیانه متغیر بوده و به بخش-های مختلف گیاه و عوامل بوم‌شناختی بستگی دارد. در بررسی کومار و همکاران (Kumar et al., 2006) در مورد کشت مخلوط رازیانه و شنبلیله، کشت مخلوط این دو گیاه موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه رازیانه در مقایسه با تک‌کشتی شد. کاروالیو و همکاران (Carvalho et al., 2010) نیز اظهار داشتند، کاهش عملکرد رازیانه در کشت مخلوط رازیانه با لوبیا و لوبیا چشم‌بلبلی بسیار پایین بود و کشت مخلوط سبب بهبود عملکرد نسبی رازیانه شد. در این مطالعه نسبت برابری زمین تحت شرایط کشت مخلوط افزایش نشان داد. صدیقی دهکردی و همکاران (Seddighi Dehkordi et al., 2011) در بررسی کشت مخلوط رازیانه و زنیان گزارش کردند که کشت مخلوط تک ردیفی سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد انشعابات شاخه و نسبت برابری زمین شد. در آزمایش کشت مخلوط رازیانه با نخود (*Cicer arietinum* L.) عنوان شد که عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۴۸ درصد کاهش نشان داد، امّا بیشترین مقدار نسبت برابری زمین از تیمار ۱:۱ حاصل شد (Awasthi et al., 2011). نتایج تحقیقی در مورد کشت مخلوط نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) با سویا (*Glycine max* (L.)

Merrill) نشان داد که عملکرد نعناع فلفلی حدود ۵۰ درصد افزایش پیدا می‌کند و در ضمن درصد منتول بالاتر و درصد منتوفوران و منتیا اکتات کمتر می‌شود که از لحاظ کیفیت اسانس با اهمیت است (Maffei & Mucciarelli, 2003). این محققین گزارش کردند که در کشت مخلوط سویا و نعناع عملکرد و کیفیت اسانس نعناع در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. هدف از این مطالعه، مقایسه نسبت‌های جایگزینی کشت مخلوط گیاه دارویی رازیانه با ماش برای پیدا کردن ترکیب یا آرایشی است که حداکثر عملکرد دانه و اسانس را به همراه داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۹۹/۲ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لومی بود.

تیمارهای آزمایش شامل: ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه، ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه، ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد رازیانه، کشت خالص ماش و کشت خالص رازیانه بود. ابتدا کرت‌هایی به ابعاد ۳/۵ در دو متر ایجاد و در داخل هر کرت شش ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر نیز یک متر بود. کاشت گیاهان به‌صورت همزمان در تاریخ ۱۳۹۴/۰۳/۲۲ و در ردیف‌هایی به‌فاصله ۵۰ سانتی متر انجام شد. بلافاصله پس از کاشت آبیاری به‌منظور تسهیل در جوانه‌زنی انجام گرفت و پس از آن آبیاری زمین هر پنج روز یک‌بار به‌روش نشتی انجام گرفت. در مرحله چهار برگی، هر دو گیاه با تراکم مطلوب ۴۰ بوته در مترمربع (Gul et al., 2008) تنک شدند. وجین علف‌های هرز در دو مرحله پس از کاشت به‌روش دستی انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش و یا آفت‌کشی استفاده نشد.

برای تعیین عملکرد نهایی، ماش در تاریخ ۳۰ شهریورماه و رازیانه در ۲۰ مهرماه از سطحی معادل یک مترمربع برداشت شدند. پیش از برداشت نهایی تعداد پنج بوته ماش و سه بوته رازیانه از هر واحد آزمایشی به‌طور تصادفی برداشت شده و ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد چتر عقیم در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه برای گیاه رازیانه و ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه برای گیاه ماش و همچنین شاخص برداشت هر دو گیاه محاسبه و سپس درصد اسانس ۲۰ گرم از بذرهای رازیانه با کمک دستگاه کلونجر (Anonymous, 1998) به‌روش تقطیر با بخار آب به‌مدت چهار ساعت اندازه‌گیری شد. میزان آب مصرفی در هر بالن دستگاه کلونجر، ۱۰۰۰ میلی لیتر بود. عملکرد اسانس رازیانه با استفاده از رابطه عملکرد دانه × درصد اسانس به‌دست آمد.

برای ارزیابی کشت مخلوط گیاه دارویی رازیانه با ماش در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (براساس عملکرد دانه) از معادله ۱ استفاده شد (Vandermeer, 1989):

$$LER=\frac{Y_1}{B_1}+\frac{Y_2}{D_2} \quad \text{(۱) معادله}$$

که در آن، Y_1 و Y_2: به‌ترتیب عملکرد گونه‌های ماش و رازیانه در کشت مخلوط و B_1 و B_2: نیز عملکرد گونه‌های ماش و رازیانه در کشت خالص است.

به‌منظور تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار Minitab-17 و جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. برای رسم شکل‌ها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰ دانه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ($p\leq$۰/۰۵) و تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه ، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت ماش به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با گیاه دارویی رازیانه قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 1- Variance analysis (mean of squares) of yield and yield components of mung bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branch per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد دانه در هکتار Seed yield per hectare	عملکرد زیست‌توده در هکتار Biological yield per hectare	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	7.6^{ns}	0.2^{ns}	4.6^{ns}	0.007^{ns}	7.9^{ns}	0.02^{ns}	129271^{ns}	1985489^{ns}	1.3^{ns}
تیمار Treatment	3	87.1*	0.5*	50.1**	0.2*	1879.1*	0.8*	1162738**	22701649**	11.7**
خطا Error	6	12.4	0.09	5.03	0.02	231.3	0.08	82679	776591	1.2
ضریب تغییرات CV (%)		5.9	11.7	11.5	2	13.3	4.4	19.9	15.2	4.3

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively.

همچنین تعداد ساقه اصلی در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار-دانه، درصد اسانس و شاخص برداشت رازیانـه بـه‌طـور معنـی‌داری در سطح احتمال پنج درصد (p≤۰/۰۵) و ارتفاع بوته، تعداد شـاخه فرعـی در بوته، تعداد چتر بارور در بوته، تعداد چتر عقیم در بوته، تعداد چترک در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد اسانس رازیانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با گیاه ماش قرار گرفتند (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد در رازیانه

Table 2- Variance analysis (mean of squares) of yield components in fennel

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub branch per plant	تعداد ساقه اصلی در بوته Number of main stem per plant	تعداد چتر بارور در بوته Number of fertilize umbrella per plant	تعداد چتر عقیم در بوته Number of unproductive umbrella per plant	تعداد چترک در بوته Number of umbelet per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant
تکرار Replication	2	0.820^{ns}	0.244^{ns}	2.817^{ns}	25.115^{ns}	74.59^{ns}	1.363^{ns}	65723^{ns}
تیمار Treatment	3	134.525**	32.061**	4.701*	83.675**	2100.37**	424.577**	162523*
خطا Error	6	7.348	2.938	0.518	8.639	124.22	38.483	22047
ضریب تغییرات CV (%)		3.56	11.28	16.86	14.64	13.42	13.66	19.68

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک در هکتار، درصد و عملکرد اسانس و شاخص برداشت در رازیانه

Table 3- Variance analysis (mean of squares) of 1000-seed weight, seed and biological yield in hectare, essential oil percent and yield and harvest index in fennel

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن هزاردانه 1000-seed weight	درصد اسانس Essential oil percent	عملکرد دانه در هکتار Seed yield per hectare	عملکرد زیست‌توده در هکتار Biological yield per hectare	عملکرد اسانس Essential oil yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.510^{ns}	0.018^{ns}	13499^{ns}	75339^{ns}	7.82^{ns}	1.987^{ns}
تیمار Treatment	3	1.977*	0.142*	748556**	22241075**	920.109**	30.823*
خطا Error	6	0.335	0.025	60182	1420629	65.265	5.330
ضریب تغییرات CV (%)		8.73	4.63	31.57	13.08	29.98	29.01

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at 1% probability level and significant at 5% probability level, respectively

ارتفاع بوته

بررسی اثر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط بـر ارتفـاع بوته ماش و رازیانه نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته ماش بـا ۶۶/۴ سانتی‌متر در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه با ۵۴/۱ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۴).

جدول ٤- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر اجزای عملکرد و شاخص برداشت ماش

Table 4- Effect of intercropping treatments on yield components and harvest indexof mung bean.

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع Plant height (cm)	شاخه فرعی (تعداد در بوته) Sub branch (No.plant^{-1})	غلاف (تعداد در بوته) Pod (No.plant^{-1})	دانه (تعداد در غلاف) Seed (No.pod^{-1})	دانه (تعداد در بوته) Seed (No.plant^{-1})	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۵٪ ماش + ۷۵٪ رازیانه 25% M + 75% F	60.5^{ab*}	2^{b}	23^{a}	8.6^{a}	144.6^{a}	6.6^{ab*}	28.0^{a}
۵۰٪ ماش + ۵۰٪ رازیانه 50% M + 50% F	54.1^{b}	3.1^{a}	22.9^{a}	8.1^{ab}	90.3^{b}	6.2^{b}	23.5^{b}
۷۵٪ ماش + ۲۵٪ رازیانه 75% M + 25% F	56.3^{b}	2.6^{ab}	15.1^{b}	8.2^{ab}	96.8^{b}	7.3^{a}	25.8^{ab}
۱۰۰٪ ماش 100% M	66.4^{a}	2.5^{ab}	16.8^{ab}	7.9^{b}	123.2^{ab}	6.2^{b}	24.3^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

M: ماش و F: رازیانه

* Means with the same letter(s) in each column have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.
M: Mung Bean and F: Fennel

چنین به نظر می‌رسد که در تراکم‌هـای بـالا بـا افـزایش رقابـت درون‌گونه‌ای طول میان‌گره‌ها زیاد می‌شود و به تبـع آن ارتفـاع گیـاه افزایش می‌یابد. به احتمال زیاد معنی‌دار نشدن اثر نسبت‌هـای کشـت مخلـوط در مـورد ارتفـاع مـاش، مربـوط بـه دارا بـودن آشـیان‌هـای اکولوژیکی مناسـب بـرای دریافـت نـور و در نتیجـه، کـاهش رقابـت چشمگیر در جذب نور بوده است. از ایـن‌رو، رقابـت نـوری در بـین دو گونه تقلیل یافت و ارتفاع، تحت تأثیر نسبت‌های کشت قـرار نگرفـت (Kiani et al., 2014). رضـوان بیـدختی (Rezvan Beidokhti,

(2004) نیز طی بررسی خود بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع لوبیا را در کشت‌های مخلوط، نسبت به خالص گزارش کرد. همچنین، بیشترین ارتفاع بوته رازیانه با ۸۱/۶ سانتی‌متر در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در کشت خالص با ۶۶/۷ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۵). به‌طور کلی، می-توان گفت با افزایش رقابت درون‌گونه‌ای ارتفاع گیاه رازیانه کاهش یافت. به نظر می‌رسد، کاشت دیرهنگام گیاه رازیانه بر روی ارتفاع آن تأثیر سوء داشته است. همچنین، با توجه به چندساله بودن رازیانه این گیاه می‌تواند در سال‌های دوم به بعد به ارتفاع بیشتری برسد (Khamooshi, 2014). در تحقیقی بالاترین ارتفاع بوته سیاهدانه در تیمار کشت مخلوط سه‌گانه این گیاه با همیشه‌بهار و گاوزبان اروپایی و پایین‌ترین آن در تیمار کشت خالص سیاهدانه ثبت شد. دلیل افزایش ارتفاع بوته سیاهدانه در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان رقابت این گیاه جهت جذب نور بیشتر دانست (Naghipoor Dehkordi, 2015).

جدول ۵- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر رشد و اجزای عملکرد رازیانه

Table 5- Effect of intercropping treatments on growth and yield components offennel

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	ارتفاع Plant height (cm)	شاخه فرعی (تعداد در بوته) Sub branch ($No.plant^{-1}$)	ساقه اصلی (تعداد در بوته) Main stem ($No.plant^{-1}$)	چتر بارور (تعداد در بوته) Fertilize umbrella ($No.plant^{-1}$)	چتر عقیم (تعداد در بوته) Unproductive umbrella ($No.plant^{-1}$)	چترک (تعداد در بوته) Umbelet ($No.plant^{-1}$)	دانه (تعداد در بوته) Seed ($No.plant^{-1}$)
۲۵٪ رازیانه + ۷۵٪ ماش 25% F + 75% M	80.1^{a*}	11.8^{b}	2.6^{b}	12.4^{b}	84.7^{a}	51.3^{a}	489^{b}
۵۰٪ رازیانه + ۵۰٪ ماش 50% F + 50% M	81.6^{a}	13.8^{b}	5.6^{a}	20.6^{ab}	102.8^{a}	52.2^{a}	917.4^{a}
۷۵٪ رازیانه + ۲۵٪ ماش 75% F + 25% M	76.3^{a}	19.4^{a}	4.6^{ab}	22.8^{a}	99.5^{a}	50.5^{a}	632.4^{ab}
۱۰۰٪ رازیانه 100% F	66.7^{b}	15.6^{ab}	4.1^{ab}	24.3^{a}	45.1^{b}	27.6^{b}	979.3^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

M: ماش و F: رازیانه

* Means with the same letter(s) in each column have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.
M: Mung Bean and F: Fennel

تعداد شاخه فرعی

بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته ماش با ۳/۱ شاخه فرعی در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه با دو شاخه فرعی مشاهده گردید (جدول ۴). گزارش‌هایی حاکی از افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاهان در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای کشت خالص هستند (Asadi, 2007; Mirhashemi, 2006; Hussain et al., 2005). در مورد این نتایج نیز به نظر می‌رسد، نوع الگوی کشت غیر متراکم‌تر نسبت به تیمارهای کشت خالص (که بر روی فضای نور در دسترس گیاه اثرگذار است) است که سبب کسب چنین نتایجی از این آزمایش‌ها شده باشد (Naghipoor Dehkordi, 2015). همچنین، بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته رازیانه با ۱۹/۴ شاخه فرعی در بوته در نسبت ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد ماش و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۱۱/۸ شاخه فرعی در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). صدری و همکاران (Sadri et al., 2014) گزارش نمودند که بیشترین تعداد ساقه فرعی در بوته شنبلیله مربوط به سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) بود و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد. در رازیانه بیشترین تعداد ساقه فرعی از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به‌دست آمد. در سری‌های جایگزینی، گیاهان از توزیع مکانی و فضایی مناسبی برخوردار هستند و می‌توانند از عوامل محیطی از قبیل نور، آب و عناصر غذایی به‌خوبی استفاده کنند و از توسعه شاخساره بیشتری برخوردار باشند.

تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف ماش

بیشترین تعداد غلاف در بوته ماش با ۲۳ غلاف در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه و کمترین آن در نسبت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد رازیانه با ۱۵/۱ غلاف مشاهده گردید (جدول ۴). این‌طور به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط بوته‌های ماش فضای بیشتری را برای رشد و دریافت نور در اختیار داشتند و توانستند تعداد غلاف‌ها را افزایش دهند. می‌توان گفت که پایین‌بودن تعداد غلاف در بوته‌های کشت خالص به‌دلیل وجود رقابت درون‌گونه‌ای بالا در این تیمارها بود. نسبت‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته لوبیا نشان دادند، به‌طوری‌که لوبیا در کشت مخلوط ۲۵ درصد افزایشی به‌علت تراکم کمتر، بیشترین تعداد غلاف را در بوته داشت (Khamooshi, 2014). مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2001) بیان داشتند که با افزایش تراکم در سویا (*Glycine max* L.) تعداد غلاف در بوته به‌دلیل رقابت درون‌گونه‌ای به‌شدت کاهش یافت. همچنین بیشترین تعداد دانه در غلاف ماش با ۸/۶ دانه در غلاف در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه و کمترین آن در کشت خالص با ۷/۹ دانه در غلاف مشاهده گردید (جدول ۴). در پژوهشی کلیه الگوهای کشت مخلوط از نظر تعداد دانه در غلاف ماش بالاتر از کشت خالص آن بودند و آرایش کاشت یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف ماش دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف بود (Rezvani Moghadam., 2009). محققین نشان دادند که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ماش و برنج نسبت به کشت خالص از لحاظ تعداد دانه در غلاف برتری داشتند. آن‌ها علت این برتری را استفاده بهتر از منابع (نور و مواد غذایی) در کشت مخلوط عنوان نمودند (Mandal et al., 1990).

تعداد ساقه اصلی، چتر بارور، چتر عقیم و چترک در بوته رازیانه

بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته رازیانه با ۵/۶ ساقه اصلی در بوته در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۲/۶ ساقه اصلی در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). در تحقیقی مشاهده شد که در بین الگوهای کاشت بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته شنبلیله از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله حاصل شد که با الگوهای کشت مخلوط جایگزینی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله حاصل شد. در رازیانه نیز بیشترین تعداد ساقه اصلی از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به‌دست آمد (Sadri et al., 2014). رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghadam et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط ماش با سیاهدانه بیان کردند الگوهای کاشتی که فضای بیشتری را در اطراف گیاه ماش فراهم می‌آورند، سبب افزایش فعالیت گیاه برای پرکردن فضای اطراف و گسترش کانوپی می‌شود. همچنین بیشترین تعداد چتر بارور در بوته رازیانه با ۲۴/۳ چتر بارور در بوته در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۱۲/۴ چتر بارور در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد، رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمار کشت خالص تحت فشار رقابتی بیشتری بوده و به همین سبب نتوانسته از عوامل محیطی به نحو مطلوب استفاده کند. کشت خالص رازیانه دارای بیشترین تعداد چتر بارور بود که سبب شده میزان مواد فتوسنتزی تولیدی بین مخازن بیشتری تقسیم و سهم هر بخش کاهش یابد. در پژوهشی بیشترین تعداد چتر بارور در تیمارهای کشت مخلوط رازیانه- لوبیا و کشت خالص به‌دست آمد (Ranjbar, 2012). همچنین بیشترین تعداد چتر عقیم در بوته رازیانه با ۱۰۲/۸ چتر عقیم در بوته در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در کشت خالص با ۴۵/۱ چتر عقیم در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم، به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای از تعداد چتر عقیم در بوته کاسته شده است. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) بیشترین تعداد چتر در بوته را در تیمار کشت مخلوط تک ردیفی زنیان و شنبلیله گزارش کردند. در پژوهشی در بین الگوهای مختلف کاشت، بیشترین تعداد چتر در بوته رازیانه از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله (۱:۳) و کمترین آن از سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۱۰۰ درصد شنبلیله به‌دست آمد (Sadri et al., 2014). در اختیار داشتن فضای مناسب برای افزایش تعداد ساقه‌ها را می‌توان یکی از عوامل اصلی افزایش تعداد چتر در سری‌های جایگزینی کشت مخلوط به حساب آورد (Sadri et al., 2014). بیشترین تعداد چترک در بوته رازیانه با ۵۲/۲ چترک در بوته در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در کشت خالص با ۲۷/۶ چترک در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم، به‌دلیل

افزایش رقابت درون‌گونه‌ای از تعداد چترک در بوته کاسته شده است. رازیانه در نسبت‌های کشت مخلوط به‌علت فضای بیشتر و تراکم کمتری که نسبت به کشت خالص در اختیار داشته است، از منابع موجود به‌ویژه نور در جهت پوشش بیشتر فضای موجود استفاده کرده است. امّا با وجود این که نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیشترین تعداد چترک در بوته را داشته‌اند، به نظر می‌رسد اکثر این چترک‌ها نابارور بوده و نتوانسته‌اند عملکرد دانه را در این تیمارها نسبت به تیمار کشت خالص افزایش دهند (Ranjbar, 2012). هاگارد و همکاران (Haggaard et al., 2001) در تحقیقی که بر روی کشت مخلوط لوبیا و جو انجام دادند، بیان نمودند، نور، آب و مواد غذایی ممکن است که به‌طور کامل توسط گیاه جذب گردد که این جذب به توانایی گیاهان موجود در مخلوط به‌منظور رقابت برای فاکتورهای رشدی بر می‌گردد.

تعداد دانه در بوته

بیشترین تعداد دانه در بوته ماش با ۱۴۴/۶ دانه در بوته در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه و کمترین آن در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه با ۹۰/۳ دانه در بوته مشاهده گردید (جدول ۴). خاموشی (Khamooshi, 2014) اظهار داشت در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد افزایشی، لوبیا بیشترین تعداد دانه در بوته را دارا بود و از آن‌جایی که در این تیمار رازیانه اثر رقابتی زیادی روی لوبیا نداشت، فضای رشدی بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفت و در نهایت، محصول تک‌بوته بیشتری را نشان داد. همچنین، بیشترین تعداد دانه در بوته رازیانه با ۹۷۹/۳ دانه در بوته در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۴۸۹ دانه در بوته مشاهده گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد در کشت خالص به‌علت تعداد بالاتر بوته‌های رازیانه، تعداد دانه در بوته رازیانه افزایش پیدا کرده است. نتایج مطالعه رنجبر (Ranjbar, 2012) نشان داد که در کشت مخلوط رازیانه- کنجد- لوبیا، در مورد صفت تعداد دانه در چترک بین تیمارهای کشت مخلوط و خالص از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، امّا به‌لحاظ مقداری بیشترین تعداد دانه در چترک، مربوط به تیمار کشت خالص رازیانه و کمترین آن در تیمار کشت مخلوط کنجد- رازیانه مشاهده شد. روی (Roy, 1997) نیز در تحقیق خود بر روی کشت مخلوط برنج با گیاه ماش مشاهده کرد که بیشترین تعداد دانه در پانیکول در کشت خالص بوده است.

وزن دانه ماش و رازیانه

بیشترین وزن صددانه ماش با ۷/۳ گرم در نسبت ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد رازیانه و کمترین آن در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه با ۶/۲ گرم مشاهده گردید (جدول ۴). همچنین، بیشترین وزن هزاردانه رازیانه با ۷/۳ گرم در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۵/۴ گرم مشاهده گردید (جدول ۶). به نظر می‌رسد که علت پایین بودن وزن صددانه در کشت خالص به‌دلیل وجود رقابت درون‌گونه‌ای بالا به‌علت تراکم زیاد بوته‌های ماش بوده است. فاینینسا (Fininsa, 2003) با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کرد که وزن صددانه در کشت مخلوط دارای اختلاف معنی‌دار با کشت خالص بود. نتایج تحقیق نشان داد وزن هزاردانه شنبلیله به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت. به‌طوری که بیشترین وزن هزاردانه شنبلیله از سری جایگزینی ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) حاصل شد (Sadri et al., 2014). در پژوهشی اثر تیمارهای کشت مخلوط و خالص بر وزن هزاردانه رازیانه نشان داد که این تیمارها تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه این گیاه نداشتند. امّا به‌لحاظ مقداری بالاترین میزان وزن هزاردانه در تیمار رازیانه- کنجد به‌دست آمد و کمترین آن در کشت خالص مشاهده شد (Ranjbar, 2012(). رضوان بیدختی (Rezvan Beidokhti, 2004) در تحقیقی، بالا بودن وزن هزاردانه زیره سبز در تراکم کم بوته را بیانگر رقابت کمتر درون‌گونه‌ای در این تیمار و اثرات مثبت کشت مخلوط نخود بر پرشدن دانه بیان می‌کند.

جدول ٦- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر وزن هزاردانه، درصد اسانس و شاخص برداشت رازیانه

Table 6- Effect of intercropping treatments on 1000-seed weight, essential oil percent, and harvest index of fennel

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	درصد اسانس Essential oil (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۵٪ رازیانه + ۷۵٪ ماش 25% F + 75% M	5.4[b]	3.1[b]	4.5[b]
۵۰٪ رازیانه + ۵۰٪ ماش 50% F + 50% M	7.3[a]	3.56[a]	8.7[ab]
۷۵٪ رازیانه + ۲۵٪ ماش 75% F + 25% M	6.6[ab]	3.55[a]	6.4[ab]
۱۰۰٪ رازیانه 100% F	7[ab]	3.46[ab]	12[a]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

M: ماش و F: رازیانه

* Means with the same letter(s) in each column have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.

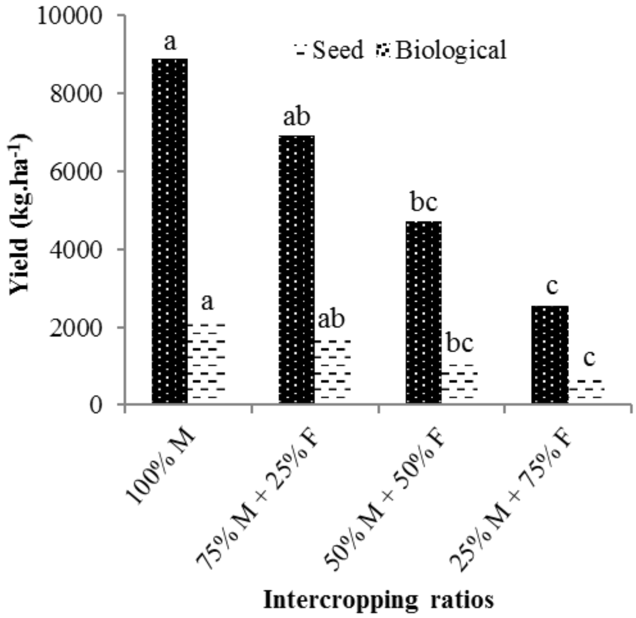
M: Mung Bean and F: Fennel

عملکرد دانه و زیست‌توده ماش

بیشترین عملکرد دانه ماش با ۲۱۶۷/۱ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه با ۷۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین، بیشترین عملکرد زیست‌توده ماش با ۸۹۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه با ۲۵۴۰/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۱). نتایج تحقیق خاموشی (Khamooshi, 2014) بر روی کشت مخلوط لوبیا و رازیانه نشان داد که کشت خالص لوبیا بیشترین میزان عملکرد دانه را با ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که دلیل آن تراکم حداکثری لوبیا در کشت خالص نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط بود. همچنین، از بین نسبت‌های مختلف کاشت بیشترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار کشت خالص به‌میزان ۶۴۲۰ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین آن نیز در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد افزایشی به‌میزان ۲۴۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ریحان برتری کشت خالص لوبیا (۳۴۳۳ کیلوگرم در هکتار) را از نظر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط مشاهده کردند و بیان نمودند با توجه به این که اجزای عملکرد در کشت مخلوط (غلاف و دانه در بوته) به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت خالص بود، بدیهی است که افزایش عملکرد در کشت خالص به‌خاطر تراکم بیشتر لوبیا بود زیرا در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، تراکم لوبیا کمتر از کشت خالص بود. منصوری و همکاران (Mansouri et al., 2013) در کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا بیان کردند از لحاظ عملکرد زیست‌توده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای افزایشی کشت مخلوط وجود داشت که دلیل آن را می‌توان به اختلاف تراکم لوبیا در این تیمارها نسبت داد. با افزایش حضور ماش در نسبت‌های کشت مخلوط، به‌دلیل افزایش تثبیت زیستی نیتروژن، عملکرد دانه و زیست‌توده ماش افزایش پیدا کرده است.

عملکرد دانه و زیست‌توده رازیانه

بیشترین عملکرد دانه رازیانه با ۱۴۶۰/۴ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۲۶۳/۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۲). همچنین، بیشترین عملکرد زیست‌توده رازیانه با ۱۲۲۸۶/۴ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۵۸۴۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۲). با توجه به تراکم کمتر رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط، کاهش عملکرد در این تیمارها نسبت به کشت خالص توجیه‌پذیر است. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در کشت مخلوط ریحان و لوبیا بیان کردند بیشترین عملکرد دانه ریحان در کشت خالص آن به‌دست آمد که دلیل آن را تراکم بالاتر ریحان در این کشت دانستند. بیشترین عملکرد دانه در کشت مخلوط لوبیا و رازیانه مربوط به تیمار کشت خالص و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد افزایشی بود.



شکل ۱- اثر نسبت‌های کشت مخلوط ماش و رازیانه بر عملکرد دانه و زیست‌توده ماش

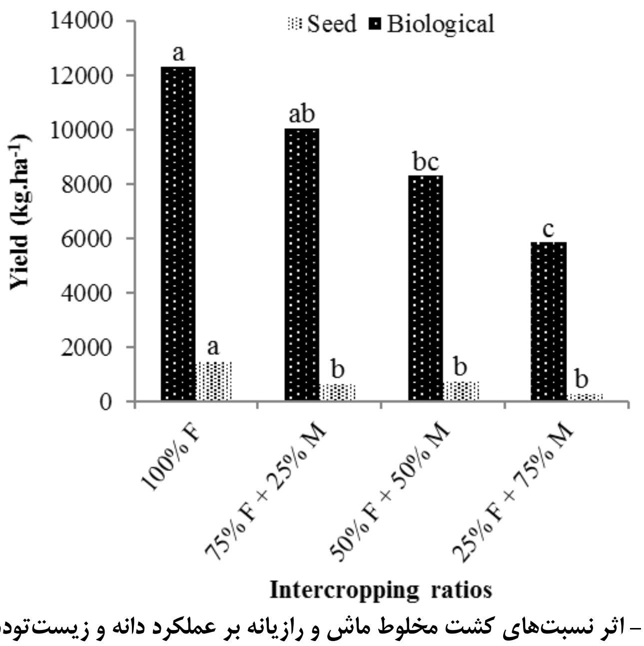
Fig. 1- Effect of intercropping ratios of mung bean and fennel on seed and biological yield of mung beans

M: ماش و F: رازیانه

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

M: Mung Bean and F: Fennel

Means with the same letter(s) have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.



شکل ۲- اثر نسبت‌های کشت مخلوط ماش و رازیانه بر عملکرد دانه و زیست‌توده رازیانه

Fig. 2- Effect of intercropping ratios of mung bean and fennel on seed and biological yield of fennel

M: ماش و F: رازیانه

M: Mung Bean and F: Fennel

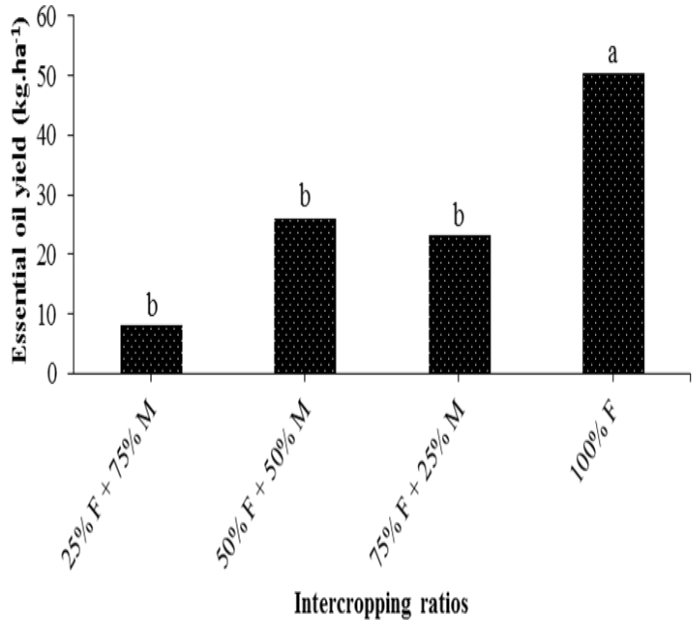
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter(s) have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.

نتایج نشان داد، در بین نسبت‌های مختلف کاشت، تیمار کشت خالص رازیانه بیشترین عملکرد زیست‌توده و کشت مخلوط ۵۰ درصد افزایشی کمترین عملکرد زیست‌توده را داشتند (Khamooshi, 2014). کاروبا و همکاران (Carrubba et al., 2008) گزارش کردند که در کشت مخلوط رازیانه و شوید بیشترین عملکرد زیست‌توده هر دو گونه در کشت خالص آن‌ها به‌دست آمد و کمترین عملکرد زیست‌توده رازیانه در تیمار ۳۳:۶۶ به‌دست آمد که رازیانه تراکم کمتری نسبت به شوید داشت. نوربخش (Nurbakhsh, 2013) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا بیشترین عملکرد زیست‌توده کنجد را در کشت خالص آن گزارش کرد و اظهار داشت که عدم رقابت بین گونه‌ای در کشت خالص، باعث بهره‌گیری بهتر از منابع به‌ویژه نور و عناصر غذایی شده است.

درصد و عملکرد اسانس رازیانه

بیشترین درصد اسانس رازیانه با ۳/۵۶ درصد در نسبت ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۳/۱ درصد مشاهده گردید (جدول ۶). نتایج آزمایش رنجبر (Ranjbar, 2012) نشان داد که بین تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط رازیانه- کنجد- لوبیا در مورد درصد اسانس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. امّا به‌لحاظ مقداری بالاترین درصد اسانس در تیمار کشت مخلوط رازیانه-کنجد و کمترین درصد اسانس در تیمار کشت خالص رازیانه مشاهده شد. در بررسی کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار مشخص شد که بیشترین مقدار اسانس در نسبت‌های کمتر از ۵۰:۵۰ حاصل شده است (Jahan, 2005). همچنین بیشترین عملکرد اسانس رازیانه با ۵۰/۴ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۸/۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۳). نتایج پژوهشی بر روی کشت مخلوط سه گونه رازیانه- کنجد- لوبیا نشان داد که بین تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط در مورد عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. امّا به‌لحاظ مقداری بالاترین عملکرد اسانس در کشت خالص با ۹/۴۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار کشت مخلوط سه گونه با ۳/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (Ranjbar, 2012). در مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا مشاهده شد که بیشترین عملکرد اسانس ریحان از کشت خالص به‌دست آمد (Alizadeh et al., 2010).



شکل ۳- اثر نسبت‌های کشت مخلوط ماش و رازیانه بر عملکرد اسانس رازیانه

Fig. 3- Effect of intercropping ratios of mung bean and fennel on essential oil yield of fennel

M: ماش و F: رازیانه

M: Mung Bean and F: Fennel

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter(s) have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.

شاخص برداشت ماش و رازیانه

بیشترین شاخص برداشت ماش با ۲۸ درصد در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه و کمترین آن در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه با ۲۳/۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۴). شاخص برداشت زنیان در تیمارهای کشت مخلوط با شنبلیله بیشتر از کشت خالص آن بود، به‌طوری‌که تیمار کشت مخلوط سه ردیفی زنیان و شنبلیله بالاترین مقدار (۱۲/۳۹ درصد) و کشت خالص کمترین مقدار (۸/۹۴۲ درصد) را داشت. بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمارهای کشت مخلوط نشان می‌دهد که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به سایر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است، لذا در این سیستم‌ها نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده بیشتر شده است (Mirhashemi et al., 2009). پس می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف در شاخص برداشت مربوط به تفاوت در اجزای عملکرد ماش از جمله تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته می‌باشد که در نسبت ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه نسبت به کشت خالص بیشتر بوده است. به‌طور کلی، هر چه از تراکم ماش در تیمارها کاسته شد شاخص برداشت افزایش یافت. همچنین، بیشترین شاخص برداشت رازیانه با ۱۲درصد در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش با ۴/۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۶). شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد کل است. در شرایط رقابت شدید با ماش در کشت مخلوط، شاخص برداشت رازیانه نسبت به کشت خالص کاهش نشان داد. با افزایش حضور رازیانه در کشت مخلوط، به‌دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع بوته ناشی از رقابت و به تبع آن رشد رویشی بیشتر، مواد فتوسنتزی به بخش رویشی هدایت شد و سهم بخش زایشی در چنین شرایطی کاهش یافت و در نتیجه، افزایش رشد رویشی سبب افزایش عملکرد زیست‌توده در مقایسه با عملکرد اقتصادی و در نهایت، کاهش شاخص برداشت در نسبت‌های مخلوط در مقایسه با کشت خالص شد. براساس مطالعه صدری و همکاران (Sadri et al., 2014) شاخص برداشت شنبلیله در کشت مخلوط با رازیانه به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفت. بیشترین شاخص برداشت شنبلیله از کشت خالص حاصل شد. اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al., 2011) گزارش کردند سری افزایشی ۱۰۰ درصد جو + ۲۰ درصد یونجه در بررسی کشت مخلوط جو و یونجه دارای کمترین شاخص برداشت یونجه بود. آن‌ها علت کم بودن شاخص برداشت در این الگوی کاشت را رقابت برای نور و در نتیجه، رشد رویشی زیاد دانستند.

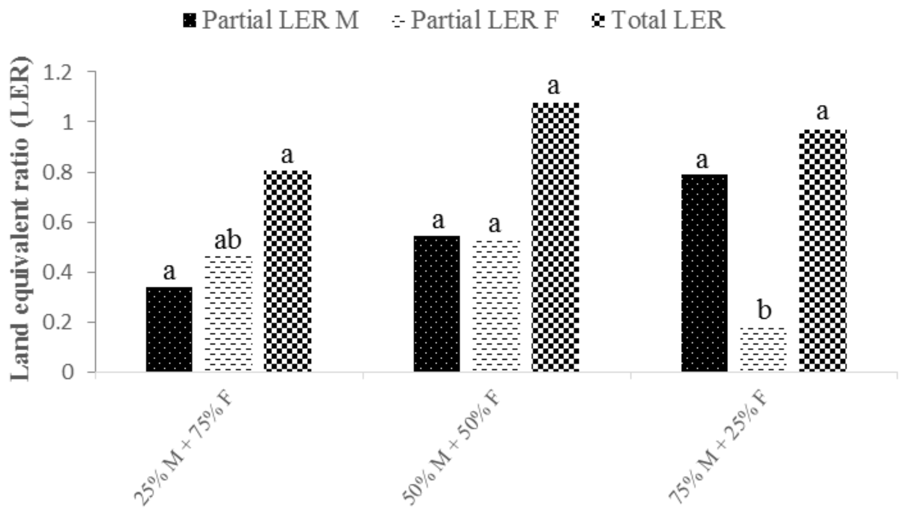
نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ کدام از تیمارهای کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه ماش اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. با این حال، بیشترین نسبت برابری زمین جزئی ماش مربوط به تیمار ۷۵ درصد ماش + ۲۵ درصد رازیانه معادل ۰/۷ و کمترین نسبت برابری زمین جزئی ماش نیز ۰/۳ که مربوط به تیمار ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه بود، به‌دست آمد (شکل ۴). همچنین، تیمارهای کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین جزئی برای گیاه رازیانه اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند ($p\leq 0.01$). بیشترین نسبت برابری زمین جزئی رازیانه معادل ۰/۵، مربوط به تیمار ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش و کمترین نسبت برابری زمین جزئی رازیانه نیز از تیمار ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد ماش معادل ۰/۱ به‌دست آمد (شکل ۴).

به‌طور کلی، نسبت برابری زمین جزئی ماش در اکثر تیمارهای کشت مخلوط از نسبت برابری زمین جزئی رازیانه بیشتر بود که می‌توان نتیجه گرفت، ماش گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با رازیانه اثر مثبت دریافت کرده است که این امر احتمالاً مربوط به بهبود شرایط رشدی می‌باشد. به‌طور کلی، دلیل این امر اختلافات مورفولوژیکی موجود بین قسمت‌های مختلف گیاهان می‌باشد که باعث به حداقل رسیدن رقابت بین آن‌ها برای جذب منابع و در نتیجه، بهبود کارایی مصرف منابع (نور، آب و مواد غذایی) در آن‌ها می‌شود. در کشت مخلوط ماش و رازیانه نیز در کنار تثبیت زیستی نیتروژن توسط ماش و در نتیجه، افزایش حاصلخیزی خاک، اختلافات مورفولوژیکی موجود در ریشه و قسمت‌های هوایی دو گیاه، از یک سو باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود در خاک و از سوی دیگر، نفوذ بهتر نور به درون کانوپی و استفاده مطلوب‌تر از آن می‌شود.

در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود مشخص شد که نسبت برابری زمین جزئی زیره سبز بیشتر از نخود بود (Abbasi Alikamar et al., 2006). در کشت مخلوط نواری لوبیا و گاوزبان مشخص شد

که مقدار نسبت برابری زمین جزئی هر دو گونه با افزایش عرض نوار به‌دلیل رقابت برون‌گونه‌ای کاهش یافت (Koocheki et al., 2012). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ‌کدام از تیمارهای کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین کلی اختلاف معنی‌داری را با هم نشان ندادند. در تیمار مخلوط ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این نشان از برتری عملکرد اقتصادی در کشت مخلوط آن تیمار نسبت به کشت خالص است. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین کلی (۱/۰۷) از الگوی کشت مخلوط ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه حاصل شد که بیانگر سودمندی زراعی هفت درصدی کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص این دو محصول نسبت به یکدیگر است که نشان‌دهنده کارایی بیشتر استفاده از زمین در این الگوی کشت می‌باشد. کمترین مقدار نسبت برابری زمین کلی (۰/۸) از الگوی کشت مخلوط ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه به‌دست آمد که هشت درصد کاهش نسبت به تیمارهای خالص نشان داد (شکل ۴). بنابراین، در این تیمار کشت خالص نسبت به کشت مخلوط برتری داشت. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست آمده از کشت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گونه، اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آن‌ها، تثبیت و جذب نیتروژن، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و کاهش رشد و زیست‌توده علف‌های هرز نسبت داد که موجب افزایش کارایی استفاده از زمین (LER) می‌شوند (Vandermeer, 1989; Willey, 1990). در بررسی کشت مخلوط ذرت و باقلا، مقدار نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Rezaei-Chianeh et al., 2011). در کشت مخلوط رازیانه- کنجد- لوبیا بیشترین میزان نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط کنجد- رازیانه با مقدار عددی ۱/۲۲ و کمترین آن ۰/۶ در تیمار کنجد- لوبیا و کنجد- رازیانه- لوبیا مشاهده شد (Ranjbar, 2012).



شکل ٤- اثر نسبت‌های کشت مخلوط ماش و رازیانه بر نسبت برابری زمین

Fig. 4- Effect of intercropping ratios of mung bean and fennel on land equivalent ratio (LER)

M: ماش و F: رازیانه

M: Mung Bean and F: Fennel

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter(s) have no significant difference at 5% probability level, according to Tukey Test.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ماش و رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت. به‌طوری‌که، افزایش درصد حضور هر دو گیاه تا ۷۵ درصد باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و دانه شده و افزایش بیش از این میزان، به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بر سر جذب

منابع محیطی کاهش این صفات را موجب گردید. مقایسه الگوهای مختلف کاشت نشان داد که تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد ماش + ۷۵ درصد رازیانه در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گیاه ماش نسبت به الگوهای دیگر کشت به‌خصوص کشت خالص برتری داشت. این‌طور به نظر می‌رسد که در این نسبت، بوته‌های ماش فضای بیشتری را برای رشد و دریافت نور در اختیار داشتند و توانستند در اکثر صفات مورد ارزیابی برتری داشته باشند. همچنین تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد رازیانه + ۵۰ درصد ماش در بسیاری از صفات مورد ارزیابی در گیاه رازیانه نسبت به الگوهای دیگر کشت برتری داشت. در نسبت کشت مخلوط ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این نشان از سودمندی کشت مخلوط آن تیمار نسبت به کشت خالص است. در نسبت ۵۰ درصد ماش + ۵۰ درصد رازیانه با توجه به اینکه ماش تثبیت زیستی نیتروژن انجام داده و باعث حاصلخیزی خاک شده، رقابت درون‌گونه-ای که در کشت خالص وجود داشته، در این نسبت کاشت کاهش پیدا کرده و هر دو گیاه با توجه به خصوصیات رشدی خود توانسته‌اند از منابع محیطی به نحو احسنت استفاده کنند که در نتیجه، عملکرد اقتصادی دو گیاه در این نسبت کاشت افزایش یافته و موجب افزایش نسبت برابری زمین کلی شده است. به‌طور کلی، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط اثر تکمیل‌کنندگی آن در استفاده از منابع محیطی است، که نتیجه آن پایداری و افزایش عملکرد کمّی و کیفی، بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک و افزایش تنوع می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود، کشت مخلوط حبوبات از جمله گیاه ماش با انواع گیاهان دارویی در منطقه خراسان جزو برنامه-های کاشت کشاورزان قرار بگیرد.

References

1. Abbasi Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G.A., Kafi, M., & Zand, E. (2006). Study on different densities of cumin and chickpea intercropping. *Journal of Iranian Field Crop Research*, *4*(1), 83-95. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22067/gsc.v4i1.1320
2. Abedi, K., & Majde Nasiri, B. (1994). Five years studied of yield comparison and best condition of mung bean cultivation in Isfahan. Center of Research, Education and Extension of Isfahan. (In Persian)
3. Agboola, A.A., & Fayami, A.A. (1972). Fixation and excretion of nitrogen by tropical legumes. *Agronomy Journal*, *64*(4), 409-412. https://doi.org/10.2134/agronj1972.00021962006400040001x
4. Alizadeh, Y., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2010). Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, *2*(3), 383-397. (In Persian with English Summary) Doi: 10.22067/jag.v2i3.7652
5. Anonymous, (1998). British Pharmacopoeia, Vol. 2. Pharmacopoeia Commission. HMSO, London, UK.
6. Asadi, H. (2007). Effect of sesame and bean intercropping on growth indices and yield components. M.Sc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
7. Awasthi, U.D., Tripathi, A.K., Dubey, S.D., & Kumar, S. (2011). Effect of row ratio and fertility levels on growth, productivity, competition and economics in chickpea+fennel intercropping system under scarce moisture condition. *Food Legumes*, *24*(3), 211-214.
8. Bagheri, A., Khalilian, S., & Naghdi Badi, H.A. (2005). Medicinal plants in Iran and world. Collection of Articles the National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants, Mashhad, Iran, 27-29 July 2005, p. 625-626. (In Persian)
9. Behera, A.K., Panda, R.K., & Mishra, S.K. (1994). Intercropping of sesame (*Sesamum indicum*) with green gram (*Phaseolus radiatus*) and black gram (*Phaseolus mungo*) under irrigated condition. *Indian Journal Agronomy*, 39, 618-621.
10. Carrubba, A., LaTorre, R., Saiano, F., & Aiello, P. (2008). Sustainable production of fennel and dill by intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 247-256. DOI: 10.1051/agro:2007040
11. De Carvalho, L.M., de Oliveira, I.R., Almeida, N.A., & Andrade, K.R. (2011). The intercropping of fennel with beans and cowpeas in the agrestic region of Brazil. *Acta Horticulturae*, 925, 199-204. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.925.29
12. Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S., & Sharma, K. (1991). Performance of maize and mung bean

intercropping in different planting patterns and row orientations. *Indian Journal Agronomy*, 36, 207-212.
13. Esmaeili, A., Hosseini, M.B., Mohammadi, M., & Hosseinikhah, F.S. (2012). Evaluation of grain yield, dry matter production and some of the forage and silage quality properties in annual medic (*Medicago scutellata*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping. *Seed and Plant Production Journal*, *28*(3), 277-296. (In Persian) DOI: 10.22092/SPPJ.2017.110476
14. Fernandez-Aparicio, M., Sillero, M.J.C., & Rubials, D. (2007). Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, *26*(8), 1166-1172. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.012
15. Fininsa, C. (2003). Relationship between common bacterial blight severity and bean yield loss in pure Stan and bean-maize intercropping systems. *International Journal of Pest Management*, *49*(3), 177-185. DOI: 10.1080/0967087021000049269
16. Gul, R., Khan, H., Mairaj, Mairaj, G., Ali, S., Farhatullah, & Ikramullah. (2008). Correlation study on morphological and yield parameters of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Sarhad Journal Agriculture*, *24*(1), 37-42.
17. Haggaard, H., Ambus, P., & Jensen, E.S. (2001). Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crop Research*, *70*(2), 101-109. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00126-5
18. Hulet, H., & Gosseye, P. (2000). Effect of intercropping cowpea on dry-matter and grain yield of millet in the semi-arid zone of Mail, http://www.fao.org/ Wairdocs/ ILRI/ x 5488E/ x5488e0r. Htm.
19. Hussain, S.A., Ali, N., Rab, A., & Hashemi, A. (2005). Intercropping effect on growth and yield of winter vegetables. *Sarhad Journal Agriculture*, 21, 345-350.
20. Jahan, M. (2005). Evaluation ecological aspects of intercropping of chamomile and marigold. M.Sc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
21. Jahani, M., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2008). Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *6*(1), 67-78. (In Persian) DOI: 10.22067/GSC.V6I1.1177
22. Khamooshi, A. (2014). Effects of planting ratio in intercropping of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.) in an additive and substitution experiment on species growth and yield. M.Sc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
23. Kiani, S., Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Abdali Mashhadi, A.R., & Sari, M., 2015. Evaluation of qualitative and quantitative of forage yield in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) at different levels of nitrogen. *Journal of Agricultural Crop Management*, *16*(4), 973-986. (In Persian with English Summary) https://doi.org/10.22059/jci.2015.53591
24. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., & Amin Ghafouri, A. (2012). Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. *Journal of Agroecology*, *4*(1), 1-11. (In Persian with English Summary) DOI: 10.22067/JAG.V4I1.14951
25. Kumar, A., Singh, R., & Chhillar, R.K. (2006). Nitrogen requirement of fennel (*Foeniculum vulgare*) based cropping systems. *Indian Journal of Agricultural Science*, *76*(10), 599-602.
26. Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., & Yiakoulaki, M.D. (2007). Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*, *27*(2), 95-99. https://hal.science/hal-00886333
27. Maffei, M., & Mucciarelli, M. (2003). Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, *84*(3), 229-240. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00092-3
28. Majnoon Hosseini, N., & Colar, G.S. (1988). Study of weed control in mixed cropping of cowpea and mung bean. *Iranian Journal of Agriculture Science*, *19*(1 & 2), 9-12. (In Persian with English Summary)
29. Mandal, B.K., Dhara, M.C., Mandal, B.B., Das, S.K., & Nandy, R. (1990). Rice, mung bean, soybean, peanut, rice, bean, and black gram yields under different intercropping systems. *Agronomy Journal*, *82*(6), 1063-1066. https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200060006x
30. Mandal, B.K., Saha, S., & Jana, T.K. (2000). Yield performance and complementarity of rice (*Oryza sativa*) with green gram (*Phaseolus radiatus*), black gram (*Phaseolus mungo*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) under different rice-legume associations. *Indian Journal Agronomy*, *45*(1), 41-47.
31. Mansouri, L., Jamshidi, K., Rastgoo, M., Saba, J., & Mansouri, H. (2013). The effect of additive maize-bean intercropping on yield, yield components and weeds control in Zanjan climate conditions. *Iranian Journal of Field*

Crops Research, *11*(3), 483-492. (In Persian with English Summary) DOI: 10.22067/GSC.V11I3.29751

32. Mazaheri, D., Parsio, B., & Peighambari, S.A. (2001). Study of growth analysis in monoculture and intercropping of soybean. *Journal of Research and Construction*, 54, 37-54.
33. Mirhashemi, M. (2006). Evaluation of Ajowan with Fenugreek intercropping with an emphasis on the principles of biological agriculture (organic). M.Sc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
34. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., & Nassiri Mahallati, M. (2009). Evaluating the benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. *Journal of Iranian Field Crops Research*, *7*(1), 259-269. (In Persian with English Summary) DOI: 20.1001.1.20081472.1388.7.1.26.4
35. Naghipoor Dehkordi, P. (2015). Evaluation of yield, yield components, and radiation use efficiency in intercropping of three medicinal plants of black seed, borago, and marigold. M.Sc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
36. Nurbakhsh, F. (2013). Comparison between different indices for evaluation of mixed and row intercropping of sesame and bean. M.Sc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
37. Omidbeigi, R. (2003). Fennel. Publishers of Promotion Media Planning Office, Office of Flower and Ornamental Plants, Medicinal and Edible Mushrooms of Ministry of Agriculture, 15 p. (In Persian)
38. Pandita, A.K., Saha, M.H., & Bali, A.S. (2000). Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal Agronomy*, *45*(1), 48-53.
39. Ranjbar, F. (2012). Assessment of growth indices and yield of intercropped Fennel (*Foeniculum vulgar*), sesame (*Sesamum indicum*), and bean (*Phaseolus vulgaris*). M.Sc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
40. Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, R., Aharizad, K., & Shekari, F. (2011). Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*, *6*(7), 1786-1793. DOI: 10.5897/AJAR10.288
41. Rezaei-Chianeh, E., Valizadehgan, O., Tajbakhsh, M., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., & Rimaz, V. (2014). Evaluation of agronomical yield and insect diversity at different intercropping patterns of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and dill (*Anethun graveolens* L.). *Journal of Agricultural Crop Management*, *16*(2), 353-368. https://doi.org/10.22059/jci.2014.53048
42. Rezvan Beidokhti, S.H. (2004). Comparison of various combinations of maize and bean in intercropping. M.Sc. Thesis Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
43. Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., & Moradi, R. (2009). Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)-black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. *Journal of Agroecology*, *1*(1), 65-79. (In Persian with English Summary) DOI: 10.22067/JAG.V1I1.2655
44. Rostami, L. (2009). Evaluation of yield, yield components, and radiation use efficiency in different densities of intercropping corn (*Zea mays* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). M.Sc. Thesis Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
45. Roy, D.K. (1997). Production potential of rice (*Oryza sativa*)-based cropping systems under deep water ecosystem of north Bihar. *Indian Journal Agronomy*, 42, 570-572.
46. Sadri, S., Pouryousef, M., Soleimani, A., Barzegar, T., & Jamshidi, K. (2015). Evaluation of agronomical traits fennel (*Foeniculum vulgare Mill*)–fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *45*(4), 593-602. (In Persian with English Summary) DOI: 10.22059/IJFCS.2014.53569
47. Seddighi Dehkordi, F., Hemmatzadeh, A., & Nazarpoor, M. (2011). Evaluation of advantage fennel and *Carum copticum* intercropping in different levels of sowing dates and the distance between the planting rows. The Seventh Congress of Iranian Horticultural Science, Industrial University of Isfahan, Iran, 5-8 September 2011: 3. (In Persian)
48. Siame, J.R., Willey, W., & Morse, S. (1998). The response of maize–phaseolus intercropping to applied nitrogen on oxisols in Northern Zambia. *Field Crops Research*, *55*(1-2), 73-81. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00063-4
49. Vandermeer, J.H. (1989). The Ecology of Intercropping, Cambridge, University Press, 297 p.

50. Willey, R.W. (1990). Resources use in intercropping systems. *Journal of Agricultural Water Management*, *17*(1-3), 215-231. https://doi.org/10.1016/0378-3774(90)90069-B
51. Yildirim, E., & Guvenc, I. (2005). Intercropping based on cauliflower: More productivity, profitable and highly sustainable. *European Journal of Agronomy*, *22*(1), 11-18. https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.11.003